



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

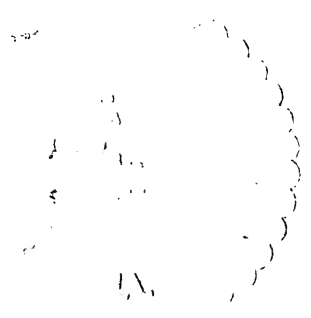
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 2 年 1 2 月 1 7 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 2 - 3 6 5 3 6 5  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 2 - 3 6 5 3 6 5 ]

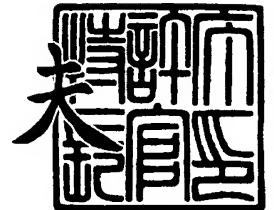
出      願      人            シャープ株式会社  
Applicant(s):



2 0 0 3 年   9 月   3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号   出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 1 9 8 3

【書類名】 特許願

【整理番号】 02J04412

【提出日】 平成14年12月17日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明の名称】 発光ダイオード

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 村上 哲朗

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 中津 弘志

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 倉橋 孝尚

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 大山 尚一

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100065248

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 野河 信太郎

【電話番号】 06-6365-0718

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014203

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208452

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光ダイオード

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも  $\text{AlGaInP}$  発光層および透明電極を有する発光ダイオードであり、透明電極が、III族元素またはその化合物をドーピングした  $\text{ZnO}$  膜であることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項 2】 III族元素またはその化合物が、 $\text{Ga}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{In}$  およびそれらの化合物から選択される請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 3】 III族元素またはその化合物のドーピング量が、 $\text{ZnO}$  に対して 1～10 重量%である請求項 1 または 2 に記載の発光ダイオード。

【請求項 4】  $\text{ZnO}$  膜が、III族元素以外の遷移元素またはその化合物をさらにドーピングされてなる請求項 1～3 のいずれか 1 つに記載の発光ダイオード。

【請求項 5】 発光ダイオードが、 $\text{AlGaInP}$  発光層と透明電極との間にコンタクト層を有し、コンタクト層が、 $\text{GaP}$  膜、 $\text{InGaP}$  膜および  $\text{Al}$  混晶比 ( $x$ ) と  $\text{In}$  混晶比 ( $1-y$ ) がそれぞれ 0.05 以下である ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$  膜から選択される請求項 1～4 のいずれか 1 つに記載の発光ダイオード。

【請求項 6】 コンタクト層の膜厚が、100～500 Å である請求項 5 に記載の発光ダイオード。

【請求項 7】 コンタクト層の膜厚が、200～300 Å である請求項 6 に記載の発光ダイオード。

【請求項 8】 発光ダイオードが、コンタクト層の一部に積層された逆導電型の電流ブロック層を有する請求項 5～7 のいずれか 1 つに記載の発光ダイオード。

【請求項 9】 発光ダイオードが、コンタクト層の一部にショットキーコンタクトする金属電極を有する請求項 5～8 のいずれか 1 つに記載の発光ダイオード。

【請求項 10】 発光ダイオードが、アニールにより接触抵抗を低減した透明電極とコンタクト層とを有する請求項 5～9 のいずれか 1 つに記載の発光ダイ

オード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、表示装置などに広く用いられる、少なくともAlGaInP発光層および透明電極を有する発光ダイオードに関する。

【0002】

【従来の技術】

発光ダイオードは、例えば、表示装置や光ファイバ通信装置などの素子として広く用いられている。一般に、発光ダイオードは、発光効率や応答特性に優れた高輝度（高出力）ものが求められている。さらに近年では、発光ダイオードを搭載した製品の低価格化が進み、その部品である発光ダイオードもコストダウンが求められている。

【0003】

表示素子として用いられる発光ダイオードは、高輝度に加えて、発光色の多彩性も求められる。そこで、発光層の構成材料としてAlGaInPを用いた素子は、その組成比によって緑色から赤色までの発光が得られるため、広く用いられている。また、材料面だけでなく、さらに高輝度の素子を得るために、様々な素子構造のものが開発されている。

【0004】

図1は、従来の発光ダイオードの一例を示す概略断面図である。この発光ダイオードは、裏面に下層電極112を有する第1導電型基板11上に、第1導電型バッファ層12、第1導電型DBR（Distributed Bragg Reflector）層13、第1導電型クラッド層14、第2導電型発光層（「活性層」ともいう）15、第2導電型クラッド層16、透明電極用第2導電型第1コンタクト層（吸収性のGaAs）17、第1導電型電流ブロック層18、第2コンタクト層（Zn層）19、透明電極（ITO膜）110およびワイヤボンディング用電極（「ボンディングパッド」ともいう）111が順次積層されてなる。そして、この発光ダイオードは、第2導電型発光層15をダブルヘテロ構造とすることにより発光効率を

向上させ、第1導電型電流ブロック層18を設けることにより発光がボンディングパッドで吸収されることを防止し、透明電極110を素子の全面に設けることにより電流の拡散を良好にし、電流集中による発光効率の低下を防止している（例えば、特許文献1および特許文献2参照）。

#### 【0005】

##### 【特許文献1】

特開平11-4020号公報

##### 【特許文献2】

特許第3084364号明細書

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の従来技術では、透明電極用第2導電型コンタクト層に吸収性のGaAsを用いているので、発光出力が低下してしまうという問題がある。また、ITO膜形成には基板を加熱する必要があり、その成膜速度が遅いので、製造に時間とコストが掛かるという問題がある。

#### 【0007】

そこで、本発明は、高輝度で、かつ生産性の高い発光ダイオードを提供することを課題とする。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明者らは、上記の課題を解決するために鋭意検討を重ねた結果、少なくともAlGaInP発光層および透明電極を有する発光ダイオードにおいて、透明電極を、III族元素またはその化合物をドーピングしたZnO膜とすることにより、素子として安定した低抵抗率が得られ、高輝度で、かつ生産性の高い発光ダイオードを提供できることを見出し、本発明を完成するに至った。

#### 【0009】

かくして、本発明によれば、少なくともAlGaInP発光層および透明電極を有する発光ダイオードであり、透明電極が、III族元素またはその化合物をドーピングしたZnO膜であることを特徴とする発光ダイオードが提供される。

## 【0010】

## 【発明の実施の形態】

本発明の発光ダイオードは、少なくとも AlGaInP 発光層および透明電極を有する発光ダイオードであり、透明電極が、III族元素またはその化合物をドープした ZnO 膜であることを特徴とする。

## 【0011】

以下、本発明の発光ダイオードの構成およびその製造方法を、実施形態 1～3 に基づいて具体的に説明するが、これらの説明により本発明が限定されるものではない。

## 【0012】

## 実施形態 1

図 2 は、本発明の発光ダイオード（実施形態 1）の模式図であり、（a）は製造途中の概略断面図、（b）は完成した素子の概略断面図である。図中の図番は、21 は第 1 導電型基板、22 は第 1 導電型バッファ層、23 は第 1 導電型 DBR 層、24 は第 1 導電型クラッド層、25 は第 2 導電型発光層、26 は第 2 導電型クラッド層、27 は透明電極用第 2 導電型コンタクト層、28 は第 1 導電型電流ブロック層、210 は透明電極、211 はワイヤボンディング用電極、212 は下層電極を示す。

## 【0013】

実施形態 1 の発光ダイオードは次のようにして製造することができる。

まず、MOCVD（有機金属気相成長）法などの公知の方法により、n 型 GaAs 基板 21 上に、n 型 GaAs バッファ層 22、反射膜としての n 型 DBR 膜 23、n 型 AlInP 第 1 クラッド層 24、p 型 AlGaInP 発光層 25、p 型 AlInP 第 2 クラッド層 26、p 型 GaP コンタクト層 27 および n 型 GaP 電流ブロック層 28 を順次形成する（図 2（a）参照）。

## 【0014】

第 1 導電型基板 21 としては、特に限定されないが、（100）面から <011> 方向に 15° 傾斜した面方位を有する n 型 GaAs 基板が特に好ましい。

また、各形成膜の膜厚は、発光ダイオードの構成により適宜設定すればよく、

例えば、上記の実施形態 1 では、n 型 GaAs バッファ層 22 が  $0.5\ \mu\text{m}$ 、n 型 DBR 膜 23 が  $0.1\ \mu\text{m}$ 、n 型 AlInP 第 1 クラッド層 24 が  $1\ \mu\text{m}$ 、p 型 AlGaInP 発光層 25 が  $1\ \mu\text{m}$ 、p 型 AlInP 第 2 クラッド層 26 が  $1\ \mu\text{m}$ 、p 型 GaP コンタクト層 27 が  $300\ \text{\AA}$ 、n 型 GaP 電流ブロック層 28 が  $300\ \text{\AA}$  である。

#### 【0015】

次に、フォトリソグラフィなどの公知の方法により、n 型 GaP 電流ブロック層 28 をパターニングした後、スパッタ法などの公知の方法により、第 1 導電型透明電極 210 として膜厚  $0.1\sim 0.2\ \mu\text{m}$  程度の ZnO 膜を形成し、その上に蒸着法などの公知の方法により、膜厚  $0.5\sim 1.0\ \mu\text{m}$  程度の Au を蒸着し、これをフォトリソグラフィなどの公知の方法によりパターニングして、ワイヤボンディング用電極 211 を得る。

また、バックグランドなどの公知の方法により、第 1 導電型基板 21 を厚さ  $100\ \mu\text{m}$  程度に研磨した後、蒸着法などの公知の方法により、n 側電極 212 として膜厚  $0.1\sim 0.5\ \mu\text{m}$  程度の AuGe 膜を形成し、基板をスクライブして分割し、図 2 (b) のような素子を得る。

#### 【0016】

本発明の発光ダイオードの透明電極は、III 族元素またはその化合物をドープした ZnO 膜であり、このような構成により、素子として安定した低抵抗率が得られ、高輝度で、かつ生産性の高い発光ダイオードを提供することができる。

III 族元素またはその化合物は、Ga、Al、In およびそれらの化合物から選択されるのが好ましい。このような構成により、透明電極がより安定した低抵抗になるのが好ましい。

また、III 族元素またはその化合物のドープ量は、ZnO に対して  $1\sim 10$  重量%であるのが好ましい。このような構成により、透明電極がより安定した低抵抗になるのが好ましい。

#### 【0017】

ドープ方法としては、透明電極の形成方法にもよるが、例えば、ZnO と III 族元素の金属粉末またはその酸化物との混合物の圧粉体をスパッタリングターゲット



ットとする方法が挙げられる。また、複合酸化物の形態であってもよい。

上記の実施形態1では、第1導電型透明電極210のZnO膜に、III族元素またはその化合物として、ZnOに対して5.7重量%のGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>をドーピングすることにより良好な結果が得られている。

#### 【0018】

本発明の発光ダイオードは、実施形態1のように、AlGaInP発光層と透明電極との間にコンタクト層を有するのが好ましく、コンタクト層は、GaP膜、InGaP膜およびAl混晶比(x)とIn混晶比(1-y)がそれぞれ0.05以下である(A<sub>1-x</sub>Ga<sub>1-x</sub>)<sub>y</sub>In<sub>1-y</sub>P膜から選択されるのが好ましい。このような構成により、素子として良好なコンタクトが得られる。前記の例示化合物の中でも、GaP膜は透明である。ZnO膜は常温での成膜が可能で、成膜速度が早く、しかもITO膜より安価であることから、特に好ましい。

コンタクト層には、Znが10<sup>18</sup>~10<sup>19</sup>cm<sup>-3</sup>程度ドーピングされているのが透明電極との接触抵抗の低減の点で好ましい。上記の実施形態1では、コンタクト層のGaP膜にZnを10<sup>19</sup>cm<sup>-3</sup>と高ドーピングしているが、膜厚が300Åと薄いために発光層へのZn拡散は抑制され、発光への悪影響はない。

#### 【0019】

また、透明電極のZnがコンタクト層に拡散して、コンタクト層がp型高濃度になるので、これらの接触抵抗をさらに低減させることができるので好ましい。図5は、本発明の発光ダイオードの透明電極とコンタクト層のバンド図である。図5に示すように、第1導電型の透明電極から第2導電型のコンタクト層に正孔がトンネル効果によって流れる。

#### 【0020】

コンタクト層の膜厚は、好ましくは100~500Åであり、より好ましくは200~300Åである。コンタクト層の膜厚が上記の範囲であれば、発光特性に影響して発光効率を低下させる、コンタクト層から下層へのドーパント拡散を抑えることができる。

#### 【0021】

本発明の発光ダイオードは、コンタクト層の一部に積層された逆導電型の電流

ブロック層を有するのが好ましい。このような構成により、発光が後述するボンディング用電極に遮られることがないようにできる。

ワイヤボンディング用電極は電流ブロック層より一回り小さいため、発光がワイヤボンディング用電極に吸収されずに高効率で取り出すことができる。

#### 【0022】

本発明の発光ダイオードは、コンタクト層の一部にショットキーコンタクトする金属電極（ワイヤボンディング用電極）を有するのが好ましい。このような構成により、ワイヤボンディング用電極下での発光を抑えることができる。

#### 【0023】

本発明の発光ダイオードは、アニールにより接触抵抗を低減した透明電極とコンタクト層とを有するのが好ましい。すなわち、アニールにより、透明電極のZnやドーパしたIII族元素がコンタクト層に拡散し、コンタクト層のキャリア濃度が上昇し、接触抵抗が低減されるので、透明電極とコンタクト層とのコンタクトをより良好にすることができる。また、コンタクト層形成時のドーパントの量を減らすことができ、下層へのドーパント拡散を抑制できる。

アニールは、透明電極形成後、例えば、真空中または窒素雰囲気中で500℃、30分以上の条件で行うことができる。

#### 【0024】

##### 実施形態2

図3は、本発明の発光ダイオード（実施形態2）の模式図であり、（a）は製造途中の概略断面図、（b）は完成した素子の概略断面図である。図中の図番は、31は第1導電型基板、32は第1導電型バッファ層、33は第1導電型DBR層、34は第1導電型クラッド層、35は第2導電型発光層、36は第2導電型クラッド層、37は透明電極用第2導電型コンタクト層、310は第1導電型透明電極、311はワイヤボンディング用電極、312は下層電極を示す。

#### 【0025】

実施形態2の発光ダイオードは次のようにして製造することができる。

まず、MOCVD（有機金属気相成長）法などの公知の方法により、n型GaAs基板31上に、n型GaAsバッファ層32、反射膜としてのn型DBR膜

33、n型AlInP第1クラッド層34、p型AlGaInP発光層35、p型AlInP第2クラッド層36およびp型GaPコンタクト層37を順次形成する(図3(a)参照)。

#### 【0026】

次に、スパッタ法などの公知の方法により、第1導電型透明電極310として膜厚0.1~0.2 $\mu$ m程度のZnO膜を形成し、パターニングによって透明電極用第2導電型コンタクト層37を露出させ、その上に蒸着法などの公知の方法により、膜厚0.5~1.0 $\mu$ m程度のAuを蒸着し、これをフォトリソグラフィなどの公知の方法によりパターニングして、ワイヤボンディング用電極311を得る。

また、バックグランドなどの公知の方法により、第1導電型基板21を厚さ100 $\mu$ m程度に研磨した後、蒸着法などの公知の方法により、n側電極312として膜厚0.1~0.5 $\mu$ m程度のAuGe膜を形成し、基板をスクライブして分割し、図3(b)のような素子を得る。

#### 【0027】

本発明の発光ダイオードの透明電極は、III族元素またはその化合物をドーパされ、III族元素以外の遷移元素またはその化合物をさらにドーパされてなるのが好ましい。このような構成により、化学的特性の制御性が向上し、透明電極のパターニングが容易になり、かつより光吸収が少なくなり、発光効率が向上する。すなわち、低抵抗率を維持したまま酸、アルカリに対する耐性が大きくなり、エッチングが早すぎて制御性が悪いという問題点が改善され安定してパターンを形成することができる。

#### 【0028】

III族元素以外の遷移元素またはその化合物としては、Cr、Co、Vおよびそれらの化合物から選択されるのが好ましい。

また、III族元素以外の遷移元素またはその化合物のドーパ量は、ZnOに対して1~5重量%であるのが好ましい。

上記の実施形態2では、第1導電型透明電極310のZnO膜に、III族元素またはその化合物として、ZnOに対して5.7重量%のGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と、ZnOに

対して3.0重量%の $\text{CrO}_2$ とをドーピングすることにより良好な結果が得られている。

### 【0029】

ワイヤボンディング用電極は、透明電極の $\text{ZnO}$ 膜とはオーミックコンタクト、 $\text{GaP}$ コンタクト層とはショットキーコンタクトとなり、ワイヤボンディング用電極下に電流が流れないため、ワイヤボンディング用電極に吸収される発光を低減し発光効率を高くすることができる。

### 【0030】

#### 実施形態3

図2は、本発明の発光ダイオード（実施形態3）の模式図であり、（a）は製造中の概略断面図、（b）は完成した素子の概略断面図である。図中の図番は、40は第2導電型基板、42は第1導電型バッファ層、47は透明電極用第2導電型コンタクト層、46は第2導電型クラッド層、45は第2導電型発光層、44は第1導電型クラッド層、413は直接接合用第1導電型コンタクト層、41は第1導電型基板、410は第1導電型透明電極、411はワイヤボンディング用電極、412は下層電極、414は保護膜を示す。

### 【0031】

実施形態3の発光ダイオードは次のようにして製造することができる。

まず、MOCVD（有機金属気相成長）法などの公知の方法により、p型 $\text{GaAs}$ 基板40上に、p型 $\text{GaAs}$ バッファ層42、p型 $\text{InGaP}$ コンタクト層47、p型 $\text{AlInP}$ 第2クラッド層46、p型 $\text{AlGaInP}$ 発光層45、n型 $\text{AlInP}$ 第1クラッド層44、n型 $\text{GaP}$ コンタクト層413を順次形成する（図4（a）参照）。

### 【0032】

次に、高温高圧による直接接合法などの公知の方法により、得られた積層体のn型 $\text{GaP}$ コンタクト層413とn型 $\text{GaP}$ 基板41を直接接合した後、エッチングなどの公知の方法により、p型 $\text{GaAs}$ 基板40とp型 $\text{GaAs}$ バッファ層42を除去する。次いで、スパッタ法などの公知の方法により、第1導電型透明電極410として膜厚0.1～0.2 $\mu\text{m}$ 程度の $\text{ZnO}$ 膜（ $\text{ZnO}$ に対して5.

7重量%の $\text{Ga}_2\text{O}_3$ と、 $\text{ZnO}$ に対して3.0重量%の $\text{CrO}_2$ とをドーブ)を形成し、その上に蒸着法などの公知の方法により、膜厚 $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 程度の $\text{Au}$ を蒸着し、これをフォトエッチングなどの公知の方法によりパターンニングして、ワイヤボンディング用電極411を得る。ついで、透明電極の上にスパッタ法などの公知の方法により、 $\text{SiO}_2$ 膜414を形成する。

また、蒸着法などの公知の方法により、n側電極212として膜厚 $0.1 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 程度の $\text{AuGe}$ 膜を形成し、基板をスクライブして分割し、図4(b)のような素子を得る。

### 【0033】

$\text{GaP}$ 基板41は、 $\text{AlGaInP}$ 発光層45の発光に対して透明なので、第1導電型透明電極410側だけでなく、 $\text{GaP}$ 基板41側へも発光を取り出すことができ、このような構成の発光ダイオードはより高い発光効率を得られる。

また、第1導電型透明電極透明電極410上に保護膜を設けることで、耐湿性などの点で素子としての信頼性が向上する。保護膜は、 $\text{SiO}_2$ に限らず $\text{TiO}_2$ 、ITOなど耐湿性の強い膜を用いれば同様の効果を得ることができる。

### 【0034】

#### 【発明の効果】

本発明によれば、高輝度で、かつ生産性の高い発光ダイオードを提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

従来の発光ダイオードの一例を示す概略断面図である。

#### 【図2】

本発明の発光ダイオード(実施形態1)の模式図、(a)製造途中の概略断面図および(b)完成した素子の概略断面図である。

#### 【図3】

本発明の発光ダイオード(実施形態2)の模式図、(a)製造途中の概略断面図および(b)完成した素子の概略断面図である。

#### 【図4】

本発明の発光ダイオード（実施形態3）の模式図、（a）製造途中の概略断面図および（b）完成した素子の概略断面図である。

【図5】

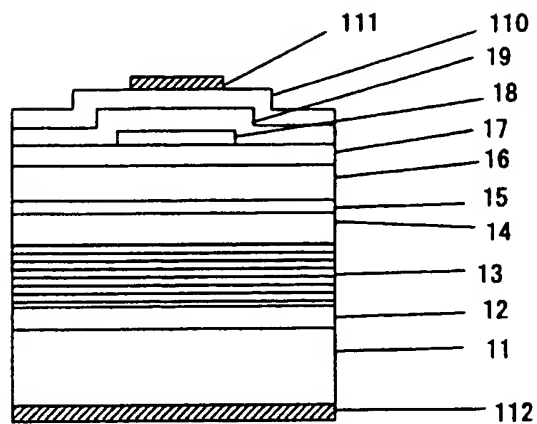
本発明の発光ダイオードの第1導電型透明電極とコンタクト層のバンド図である。

【符号の説明】

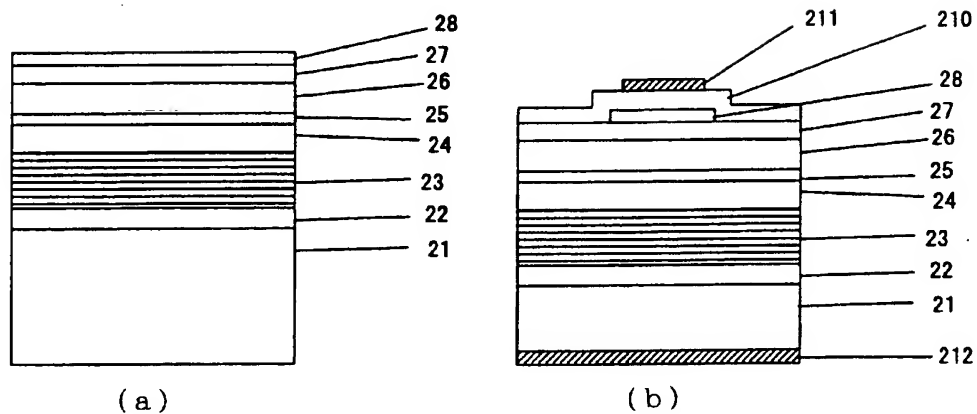
- 11、21、31 第1導電型基板（n型GaAs基板）
- 12、22、32 第1導電型バッファ層（n型GaAsバッファ層）
- 13、23、33 第1導電型DBR層（n型DBR層）
- 14、24、34、44 第1導電型クラッド層（n型AlInP第1クラッド層）
- 15、25、35、45 第2導電型発光層（p型AlGaInP発光層）
- 16、26、36、46 第2導電型クラッド層（p型AlInP第2クラッド層）
- 17 透明電極用第2導電型第1コンタクト層（吸収性のGaAs）
- 18、28 第1導電型電流ブロック層（n型GaP電流ブロック層）
- 19 第2コンタクト層（Zn層）
- 27、47 透明電極用第2導電型コンタクト層（p型GaPコンタクト層）
- 37 透明電極用第2導電型コンタクト層（p型GaInPコンタクト層）
- 40 第2導電型基板（p型GaAs基板）
- 41 第1導電型基板（n型GaP基板）
- 42 第2導電型バッファ層（p型GaAsバッファ層）
- 110 第1導電型透明電極（ITO膜）
- 111、211、311、411 ワイヤボンディング用電極
- 112、212、312、412 下層電極（n側電極）
- 210、310、410 第1導電型透明電極（ZnO膜）
- 413 直接接合用第1導電型コンタクト層（n型GaPコンタクト層）
- 414 保護膜（SiO<sub>2</sub>膜）

【書類名】 図面

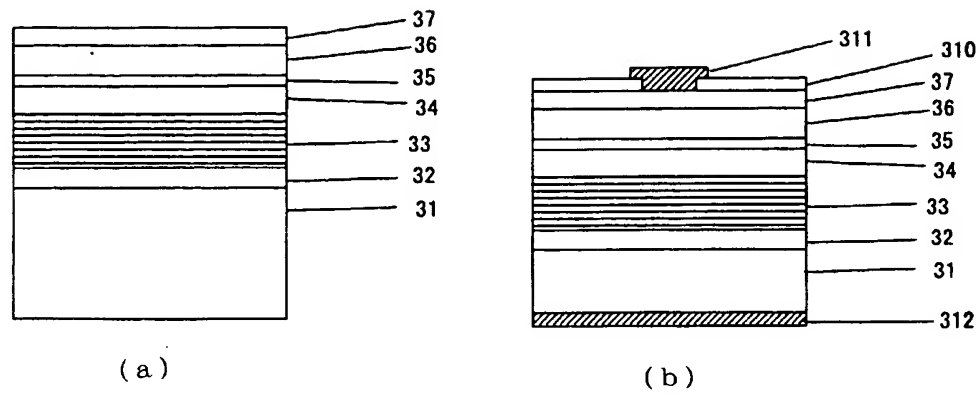
【図 1】



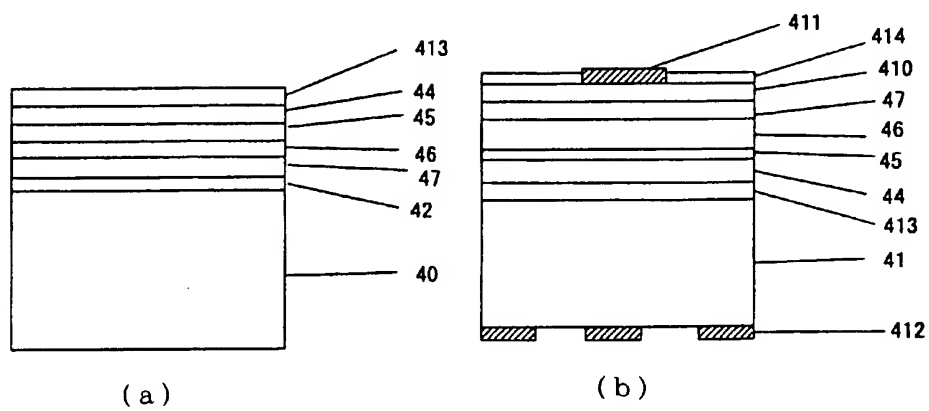
【図 2】



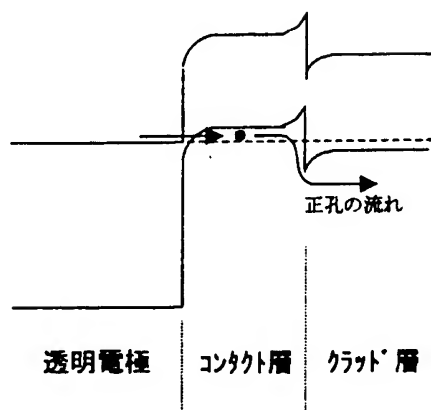
【図 3】



【図 4】



【図 5】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高輝度で、かつ生産性の高い発光ダイオードを提供することを課題とする。

【解決手段】 少なくとも  $\text{AlGaInP}$  発光層および透明電極を有する発光ダイオードであり、透明電極が、III族元素またはその化合物をドープした  $\text{ZnO}$  膜であることを特徴とする発光ダイオードにより、上記の課題を解決する。

【選択図】 図 2

特願 2002-365365

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005049]

1. 変更年月日  
[変更理由]  
住 所  
氏 名

1990年 8月29日  
新規登録  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
シャープ株式会社